

08 APR 2004

03 JUN 2005

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 30 APR 2004

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:**

102 57 124.4

**Anmeldetag:**

05. Dezember 2002

**Anmelder/Inhaber:**

Endress + Hauser GmbH & Co KG,  
79689 Maulburg/DE

**Bezeichnung:**

Druck- und Differenzdruckmessgerät mit Überlast-  
schutz

**IPC:**

G 01 L 19/06

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 30. März 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

Kehle

## Druck- und Differenzdruckmessgerät mit Überlastschutz

Die vorliegende Erfindung betrifft Druck- und Differenzdruckmessgeräte mit einem hydraulischen Messwerk, bzw. einem hydraulischen Trennkörper. Bei diesen Messgeräten wird eine Trennmembran mit dem zu messenden Druck beaufschlagt, wobei die Trennmembran den Druck an ein hydraulisches Medium überträgt, welches den Druck über ein geeignetes Leitungssystem einem Sensorelement bzw. Elementarsensor zuleitet, wobei dieser Elementarsensor ein druckempfindliches Element, insbesondere eine Messmembran aufweist, die mit dem Druck beaufschlagt wird. Zum Schutz gegen statische Überlastungen des Messelementes, ist gewöhnlich eine Überlastmembran vorgesehen, welche eine hinreichend große hydraulische Kapazität aufweist, um das von der Trennmembran aus der Druckkammer unter der Trennmembran verdrängte Übertragungsmedium im Überlastfall vollständig aufzunehmen. Die mechanische Überlastsystem hat eine Eigenträgheit und schnelle dynamische Druckstöße werden ggf. unvollständig abgefangen. Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Überlastsicherung bereitzustellen, welche schnelle dynamische Überlastungen abfängt und drosselt. Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch den Druckaufnehmer gemäß des unabhängigen Patentanspruchs 1.

Der erfindungsgemäße Druckaufnehmer umfaßt eine Trennmembran und einen Grundkörper, wobei die Trennmembran an dem Grundkörper druckdicht befestigt ist, so daß zwischen dem Grundkörper und der Trennmembran eine Druckkammer ausgebildet ist, wobei sich von der Druckkammer ein Druckkanal erstreckt, und wobei ferner der Druckkanal einen Abschnitt aufweist, dessen durchströmbare Querschnittsfläche variabel ist.

Der Abschnitt des Druckkanals mit der variablen durchströmbaren Querschnittsfläche kann an einer beliebigen Position vorgesehen sein, wobei

insbesondere der Eintrittsbereich des Druckkanals, d.h. der Bereich, welcher unmittelbar an die Druckkammer anschließt, derzeit bevorzugt ist.

5 In dem Abschnitt mit variablem durchströmbar Querschnitt kann der Druckkanal insbesondere als Ringkanal ausgeprägt sein, wobei eine Wand des Abschnitts vorzugsweise axialsymmetrisch ausgebildet ist, und einen in axialer Richtung sich monoton verändernden Durchmesser aufweist. Die zweite Wand des Abschnitts ist komplementär zu der ersten Wand des Ringkanals geformt. Insbesondere können die erste Wand und die zweite  
10 Wand des Ringkanals die Form von Mantelflächen eines Kegelstumpfes aufweisen. Eine Veränderung der durchströmbar Querschnittsfläche kann beispielsweise dadurch erfolgen, daß die zweite Wand bezüglich der ersten Wand in axialer Richtung verschoben wird, so daß sich der Abstand zwischen der ersten Wand und der zweiten Wand ändert.

15

Die erste Wand des Ringkanals kann beispielsweise im Eintrittsbereich des Druckkanals durch eine kegelförmige Aufweitung zur Druckkammer hin ausgebildet sein. Die zweite Wand des Ringkanals wird in diesem Fall durch einen Vorsprung der Trennmembran gebildet, der dadurch entsteht, daß die Trennmembran auf Grundkörper abgeprägt wird.

20

Wenn die Trennmembran im Meßbetrieb durch Druckbeaufschlagung an den Grundkörper angenähert wird, wird der Ringspalt zwischen der ersten Wand des Ringkanals und der zweiten Wand des Ringkanals verengt, so daß  
25 dessen durchströmbar Querschnittsfläche abnimmt. Weiterhin kann ein Ringkanal mit variabler Querschnittsfläche realisiert werden, indem der Druckkanal an beliebiger Position einen Abschnitt mit einer kegelmantelförmigen Aussenwand aufweist, wobei in dem Kanal ein axial beweglicher Füllkörper mit einer komplementären Kegelmantelfläche  
30 angeordnet ist. Der Füllkörper kann optional mit einem elastischen Element, beispielsweise einer Feder, in einer Gleichgewichtsposition gehalten werden.

Schließlich kann der Kanal einen vorzugsweise verengten Abschnitt mit einer elastisch verformbaren Wand aufweisen. Die elastisch verformbare Wand kann beispielsweise in der Außenwand ausgebildet werden. In diesem Fall sollte dieser Abschnitt vorzugsweise von außen mit dem Druck in der Druckkammer beaufschlagbar sein. Die Verengung kann zweckmäßig durch entsprechende Ausgestaltung der Gleichgewichtslage des elastischen Abschnitts in der Außenwand geformt werden. Gleichmaßen ist die Verengung durch einen in dem Kanal koaxial angeordneten Füllkörper zu erzielen, der im Bereich des elastischen Abschnitts eine radiale Aufweitung, beispielsweise in Form eines Strömungskörpers mit Tropfenprofil, aufweist.

In einer alternativen Ausgestaltung ist sowohl die Verengung als auch die elastische Wand in einem axialen Abschnitt eines koaxial in dem Kanal angeordneten Füllkörpers vorgesehen, wobei die elastische Wand die Innenwand eines Ringkanals bildet. Vorzugsweise weist der Füllkörper einen Innenraum auf, welcher zumindest abschnittsweise von der elastischen Wand begrenzt ist. Der Innenraum kommuniziert über eine Öffnung mit dem Kanal, so daß der statische Druck im Kanal und im Innenraum gleich ist.

Die Ausgestaltung des Abschnitts mit variablen durchströmbaren Querschnitt als Ringkanal, beispielsweise durch einen Füllkörper, bietet den Vorteil, daß bei Varianten mit einer elastischen Wand, durch relativ geringe Veränderungen des Radius der elastischen Wand eine große relative Veränderung der durchströmbaren Querschnittsfläche erfolgen kann. Auf diese Weise ist auch bei Ausgestaltungen mit elastischen Wandabschnitten ein nahezu vollständiger Verschluß des Abschnitts mit variablem durchströmbaren Querschnitt möglich.

Die Überlastsicherung des erfindungsgemäßen Druckaufnehmers arbeitet nach dem folgenden Prinzip. Wenn der Druckaufnehmer mit einem

Messdruck beaufschlagt wird, so werden geringe Mengen der der hydraulischen Übertragungsflüssigkeit aus der Druckkammer in den Druckkanal verschoben, um den Druck von dort zu einer Messzelle zu übertragen. Hierbei kommt es bei Druckschwankungen im normalen Messbereich nur zu relativ niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten. Wenn jedoch schnelle Druckschläge auftreten, so steigt die Strömungsgeschwindigkeit stark an, so daß der Druck im Druckkanal um  $\rho \cdot v^2 / 2$  vermindert wird, wobei  $v$  die Geschwindigkeit des Übertragungsmediums und  $\rho$  dessen Dichte ist. Das Absenken des Drucks im Druckkanal führt jedoch zum Ansaugen der variablen Wand des Druckkanals, wodurch der Strömungswiderstand im Kanal ansteigt. Hierdurch wird die Druckmesszelle vor schnellen Überlastdruckschlägen geschützt. Insofern, als die Verkleinerung der Querschnittsfläche eine höhere Strömungsgeschwindigkeit erfordert um die Übertragungsflüssigkeit durch den Engpass im Druckkanal zu befördern, geht dieses mit einer erneuten Druckverminderung und weiterem Ansaugen der Kanalwand einher, so dass der Kanal schließlich vollständig verschlossen werden kann.

Die Wirksamkeit dieser Überlastsicherung nach dem Venturiprinzip ist in Fig. 3 dargestellt, welche die zeitliche Entwicklung des Drucks und eines entsprechenden Sensorsignals für Druckveränderungen im Messbereich und im Überlastfall darstellt. Das Sensorsignal  $S$  ist hierbei jeweils ein Maß dafür, wie der Druck durch den Druckkanal zum Sensor übertragen wurde.  $P_2$  zeigt einen typischen Druckanstieg, wie er in einem industriellen Prozess erfolgen kann, wobei das Sensorsignal  $S_2$  den zeitlichen Verlauf des Drucks vergleichsweise schnell folgt.  $P_1$  zeigt die steile Anstiegsflanke eines Überlastdruckschlages, der die Skala des gezeigten Graphen bei weitem übersteigt. Aufgrund der hohen Geschwindigkeiten, die im Druckkanal auftreten, entsteht dort ein solcher Unterdruck, daß die variable Kanalwand den Querschnitt so weit verengt bzw. verschließt, daß der Druckschlag nicht

zum Sensor übertragen werden kann, und das Sensorsignal dem Druckverlauf nur sehr langsam folgt.

5 Der Begriff Druckaufnehmer bezeichnet im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung einerseits einfache Druckmittler, die beispielsweise über eine Kapillarleitung an einen Sensor oder einen Meßumformer angeschlossen werden können, und andererseits komplette Meßwerke mit und integrierter Druckmeßzelle.

10 Weitere Vorteile und Gesichtspunkte der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung der Ausführungsbeispiele und den Zeichnungen. Es zeigt:

15 Fig. 1: Einen Schnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Drucksensors;

Fig. 2: einen Schnitt durch ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Druckaufnehmers;

20 Fig. 3: die zeitliche Entwicklung von Druck und entsprechendem Sensorsignal für einen erfindungsgemäßen Druckaufnehmer im Messbereich und im Überlastfall.

25 Der in Fig. 1 gezeigte Druckaufnehmer 1 umfasst einen Grundkörper 2 mit vorzugsweise zylindrischer Geometrie.

30 An einer ersten Stirnseite des Grundkörpers ist eine Trennmembran 3 mit ihrem Rand befestigt, so dass sich zwischen dem Grundkörper und der Trennmembran eine Druckkammer 7 ausbildet. Von der Druckkammer erstreckt sich ein Druckkanal 4, durch den der Druck, mit dem die Trennmembran 3 beaufschlagt wird, mittels einer hydraulischen

Übertragungsflüssigkeit, insbesondere einem Silikonöl, zu einer Messzelle übertragen wird. Trennmembranen weisen häufig konzentrische Wellenzüge auf, um einen ausreichenden Membranhub zu ermöglichen. Zur Erzeugung dieser Wellenstruktur kann beispielsweise das Membranbett 9 in der  
5 Stirnfläche des Grundkörpers 1 eine entsprechende Wellenstruktur aufweisen, wobei die Trennmembran 3 nach der Befestigung an dem Grundkörper 2 auf dem Membranbett 9 abgeprägt wird. Insofern, als es auch Einzelheiten dieser Wellenstruktur im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung nicht ankommt, ist diese in den Ausführungsbeispielen nicht dargestellt.

Der Druckkanal 4 umfaßt in seinem Eingangsbereich, eine Aufweitung mit einer kegelstumpfförmigen Mantelfläche 5. Die Trennmembran weist einen zur Aufweitung 5 komplementären Vorsprung 6 auf, der beispielsweise dadurch  
10 erhältlich ist, dass die Trennmembran auf der Stirnfläche des Grundkörpers 1 abgeprägt wird. In der Gleichgewichtslage, d.h. wenn die Trennmembran nicht mit Druck beaufschlagt wird, oder bei geringen Druckbeaufschlagungen im Rahmen des Messbereiches ist die Querschnittsfläche des Einlasses des Druckkanals kaum durch den Vorsprung 6 begrenzt. Wenn jedoch eine  
15 größere Druckbeaufschlagung erfolgt, wird der konische Vorsprung 6 in den Einlassbereich hineinverschoben, und es entsteht ein schmaler Ringspalt mit reduzierter Querschnittsfläche, durch den die Übertragungsflüssigkeit mit erhöhter Geschwindigkeit gepresst wird. Dies führt wiederum zu einem Ansaugen des Vorsprungs 6, dessen Mantelfläche als innere Wand des Ringspalts dient, zur gegenüberliegenden Aussenwand 5 des Ringspalts  
20 aufgrund des Venturieffekts. Somit ist eine an den Druckkanal 4 angeschlossene Druckmesszelle vor Zerstörung durch schnelle Druckschläge geschützt. Als vorteilhaft hat sich ein Kegelstumpf erwiesen der einen maximalen Durchmesser von 1.5 mm hat und einen minimalen Durchmesser von 0.8 mm. Die Kegelhöhe beträgt 1,5 mm. Der hydraulische Widerstand  
25 des Venturikanals im Trennmembranbereich sollte im dynamischen Überlastfall ca. 90% des hydraulischen Gesamtwiderstandes entsprechen.

Fig. 2 zeigt einen Längsschnitt durch eine zweite Ausführungsform, wobei der Druckaufnehmer 11 im wesentlichen die gleiche Grundstruktur wie der zuvor beschriebene Druckaufnehmer aufweist. Lediglich die Überlastsicherung nach dem Venturiprinzip ist anders ausgestaltet. In diesem Fall umfaßt der Druckkanal 14 ein Rohr, welches in einer entsprechenden Bohrung im Grundkörper 12 eingesetzt und in seinem Endbereich mit dem Grundkörper verschweißt ist. Das Rohr 14 umfaßt einen verjüngten Abschnitt, mit einer Einschnürung 16, in dem die Rohrwand radial flexibel ist. Die Einschnürung 16 fluchtet axial mit einer ringförmigen Vertiefung, die in der Bohrung des Grundkörpers 12 ausgebildet ist, so daß zwischen der Einschnürung und der Vertiefung eine Ringkammer 15 ausgebildet ist, welche das Rohr 14 umgibt. Die Ringkammer 15 kommuniziert über einen Ringkammerkanal 18 mit der Druckkammer 17, die zwischen der Trennmembran 13 und dem Grundkörper 12 ausgebildet ist. Im Gleichgewichtsfall, d.h. wenn das Übertragungsmedium nicht fließt, herrscht in der Ringkammer 15 und in dem Kanal 14 der gleiche Druck. Unter diesen Bedingungen ist auch die Rohrwand im Bereich der Einschnürung 16 in ihrer Gleichgewichtslage, so daß die Querschnittsfläche des Druckkanals im Bereich der Einschnürung hinreichend groß ist, um das Übertragungsmedium mit langsamer Geschwindigkeit fließen zu lassen. Wenn nun im Falle eines Druckschlages sich die Geschwindigkeit der Übertragungsflüssigkeit im Bereich der Einschnürung erhöht, wird die elastische Aussenwand des Rohres 14 aufgrund des Venturieffekts nach innen gesogen, wodurch der Rohrquerschnitt bis zum Verschluss verengt werden kann. Selbstverständlich sind bei der Gestaltung der Verengungen verschiedene Alternativen denkbar. So kann zum Beispiel ein Füllkörper 20 in den Druckkanal 14 eingesetzt werden, so daß im Bereich der Verengung 16 ein Ringkanal entsteht, dessen Innenwand durch den Füllkörper 20 und dessen Aussenwand durch die flexible Wand 16 definiert werden. Durch Einsatz eines Füllkörpers ist ein vollständiger Verschluss des Druckkanals aufgrund des Venturieffekts einfacher zu erzielen. Bei der Gestaltung dieser Ausführungsform ist selbstverständlich darauf zu achten, daß über den



Ringkammerkanal 18 kein Bypass entsteht, mit dem der Druckschlag an der Einschnürung 16 vorbei zur Druckmesszelle übertragen werden könnte. Als Materialien für die elastischen Wandabschnitte sind Ringmembranen aus VA (wie bei Rohrdruckmittlern) oder auch Elastomere (NBR, Viton etc.) denkbar.

5

10

15

20

Um eine optimale Wirkung der Überlastsicherung nach dem Venturieffekt zu erzielen, wird derzeit bevorzugt, wenn der Abschnitt des Druckkanals mit Variablen durchströmbaren Querschnitt bereits in der Gleichgewichtslage bzw. im normalen Messbetrieb einen Strömungswiderstand aufweist, der signifikant, insbesondere mindestens 5% zum hydraulischen Gesamtwiderstand der Übertragungsstrecke zwischen der Druckkammer und einer Druckmesszelle beiträgt. Weiter bevorzugt trägt der Widerstand mindestens 10% bzw. 20% und besonders bevorzugt mindestens 40% zum Gesamtwiderstand bei. Dieses Kriterium ergibt sich aufgrund folgender Überlegung: Je stärker der Widerstand des Abschnitts mit variablem Querschnitt den Gesamtwiderstand des strömenden Systems beeinflusst, um so effektiver ist seine Steuerungswirkung aufgrund des Venturieffekts. Sollte nämlich an anderer Stelle ein erheblich größerer Strömungswiderstand vorgesehen sein, der die Strömungsgeschwindigkeit in der Venturisicherung limitiert, so könnte auf diese Weise der Venturieffekt limitiert bzw. ganz ausgeschaltet werden.

**Patentansprüche**

1. Druckaufnehmer (1; 11) zum Erfassen eines Drucks, mit einer Trennmembran (3; 13) und einen Grundkörper (2; 12) , wobei die  
5 Trennmembran an dem Grundkörper druckdicht befestigt ist, so daß zwischen dem Grundkörper und der Trennmembran eine Druckkammer (7; 17) ausgebildet ist, wobei sich von der Druckkammer ein Druckkanal (4;14) erstreckt und die Druckkammer und der Druckkanal mit einer hydraulischen Übertragungsflüssigkeit gefüllt sind, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckkanal zumindest einen Abschnitt aufweist, dessen durchströmbare Querschnittsfläche variabel ist.  
10
2. Druckaufnehmer (1; 11) nach Anspruch 1, wobei die variable durchströmbare Querschnittsfläche des Abschnitts von der  
15 Geschwindigkeit der hydraulischen Übertragungsflüssigkeit in dem Abschnitt abhängt.
3. Druckaufnehmer nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Abschnitt des Druckkanals mit der variablen durchströmbaren Querschnittsfläche im Eintrittsbereich des Druckkanals angeordnet ist.  
20
4. Druckaufnehmer (1; 11) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Abschnitt mit variablem durchströmbaren Querschnitt einen Ringkanal zwischen einer inneren Wand (5; 20) und einer äußeren Wand (6;  
25 16) aufweist.
5. Druckaufnehmer nach Anspruch 4, wobei der durchströmbare Querschnitt des Ringkanals durch relative Verschiebungen der axialen Position der inneren Wand (6) bezüglich der äußeren Wand (5)  
30 verändert werden kann.

6. Druckaufnehmer nach Anspruch 5, wobei die innere Wand (6) des Ringkanals einen Vorsprung der Trennmembran (3) umfaßt.
- 5 7. Druckaufnehmer nach Anspruch 5, wobei in dem Druckkanal ein axial beweglicher Füllkörper andgeordnet ist und die innere Wand des Ringkanals an dem Füllkörper ausgebildet ist.
- 10 8. Druckaufnehmer nach Anspruch 7, weiterhin umfassend ein elastisches Element, wobei eine Gleichgewichtsposition des Füllkörpers bezüglich des Grundkörpers mittels des elastischen Elementes definiert ist.
- 15 9. Druckaufnehmer nach einem der Ansprüche 4 bis 8, wobei die innere Wand und die äußere Wand des Ringkanals zumindest abschnittsweise kegelstumpfmantelflächenförmig ausgebildet sind.
- 20 10. Druckaufnehmer nach einem der vorhergehenden Ansprüche wobei der Abschnitt mit variablem durchströmbaren Querschnitt eine elastisch verformbare Wand (16) aufweist.
- 25 11. Druckaufnehmer nach Anspruch 10, wobei die elastisch verformbare Wand (16) als Außenwandabschnitt des Druckkanals (14) ausgebildet ist.
- 30 12. Druckaufnehmer nach Anspruch 11, wobei der elastisch verformbare Außenwandabschnitt von einer Ringkammer (15) umgeben ist, die mit der Druckkammer (17) kommuniziert.
13. Druckaufnehmer nach Anspruch 10, wobei, die elastisch verformbare Wand als innere Wand eines Ringkanals ausgebildet ist.

- 5 14. Druckaufnehmer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Abschnitt mit der variablen durchströmbaren Strömungsfläche während des Meßbetriebs im Nennbereich des Drucksensors mindestens 10% zum Strömungswiderstands des hydraulischen Pfades zwischen der Druckkammer und einer Druckmeßzelle beiträgt, die über den hydraulischen Pfad mit dem Meßdruck beaufschlagt wird.

### Zusammenfassung

Ein Druckaufnehmer 1 mit einer Druckkammer 7, die zwischen einer Trennmembran 3 und einem Grundkörper 2 ausgebildet ist, und einem Druckkanal 4 zur hydraulischen Druckübertragung zu einer Meßzelle umfaßt als dynamischen Überlastschutz eine Venturidrossel, die dadurch realisiert ist, daß der Druckkanal zumindest einen Abschnitt aufweist, dessen durchströmbare Querschnittsfläche variabel ist. Der Abschnitt ist vorzugsweise als Ringkanal gestaltet. Die durchströmbare Querschnittsfläche kann beispielsweise verändert werden durch eine axiale Verschiebung einer konischen Innenwand 6 bezüglich einer komplementären konischen Außenwand 5, oder durch die Verformung einer elastischen Innen- bzw. Außenwand des Ringkanals.

(Fig.1)

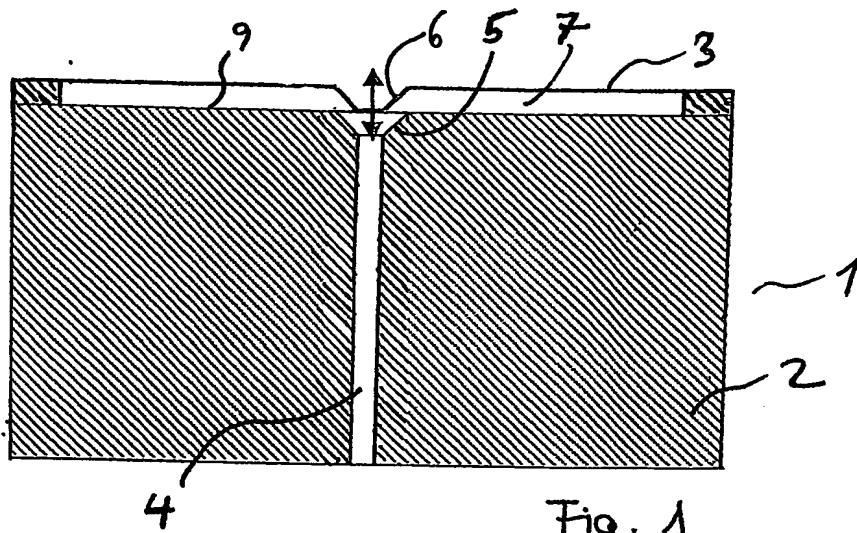


Fig. 1

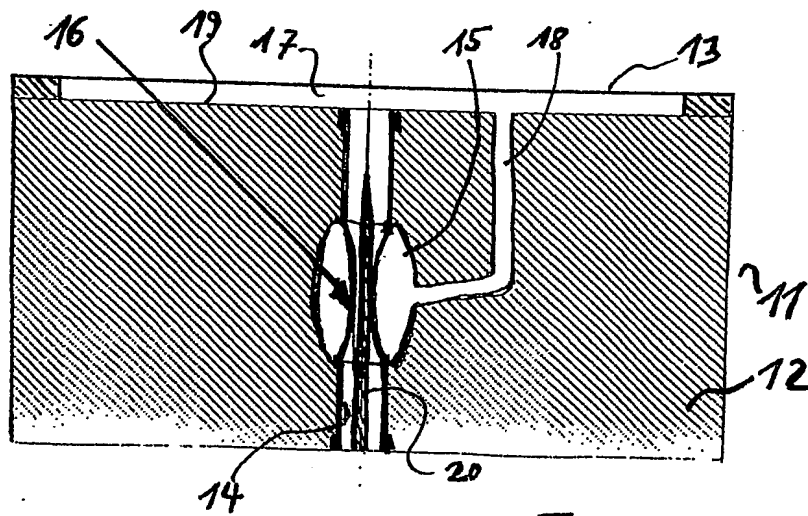


Fig. 2

2 1 2

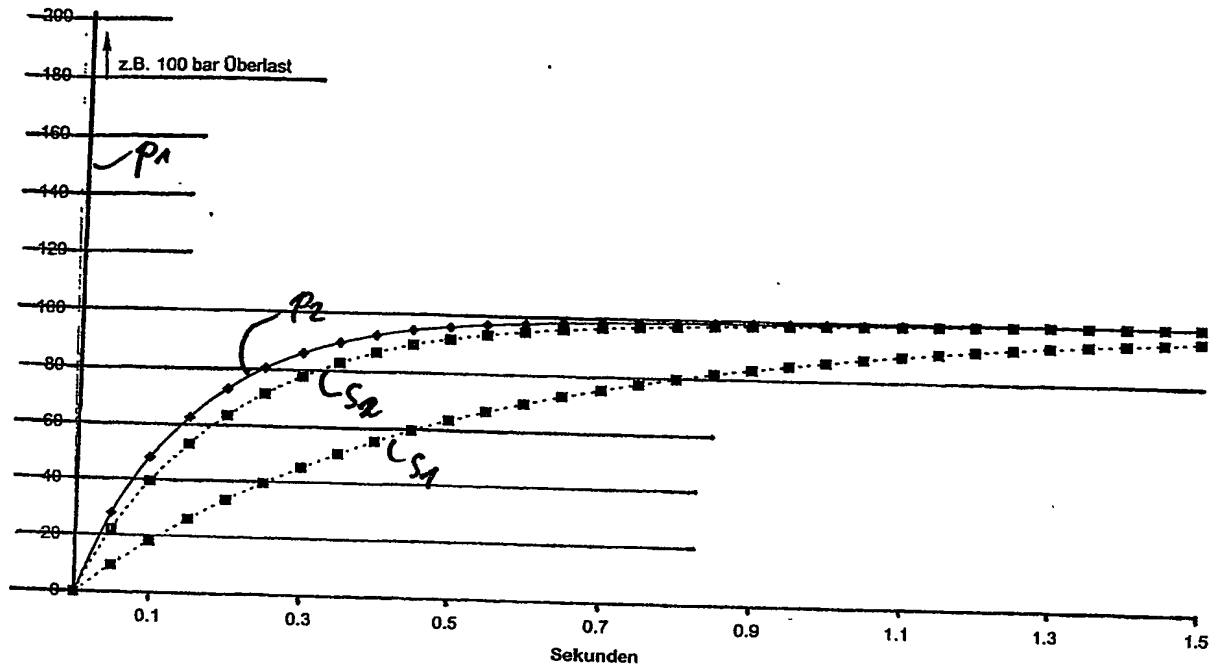


Fig. 3